

普通高等教育“十五”国家级规划教材

数字电路与逻辑设计

(第二版)

胡摇锦摇主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材。

全书对数字电路与数字逻辑课程内容进行了整合优化,从应用角度出发介绍了数字电路的基本知识、逻辑分析与设计的基本方法及中大规模集成电路的应用。

本书主要内容包括:逻辑代数基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生和整形、数模及模数转换器、大规模集成电路。附录部分的实验和实践环节介绍了与本教材相配套的常用仪器与设备的使用方法、数字电路实验及课程设计。

本书适合于高等职业学校、高等专科学校、成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院,也可供示范性软件职业技术学院、继续教育学院、民办高校、技能型紧缺人才培养使用,还可供本科院校、计算机专业人员和爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

摇数字电路与逻辑设计 杨锦主编 一版一印 北京:高等教育出版社, 2004.11
ISBN 7-04-015111-1
I. ①数... II. ①杨... III. ①数字电路—逻辑设计—高等学校—教材 IV. ①T434

摇 I ①数... 摇 II ①杨... 摇 III ①数... 摇 IV ①T434

摇中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 151111 号

策划编辑 冯英 责任编辑 刘洋 封面设计 李卫青 责任绘图 朱静
版式设计 胡志萍 责任校对 金辉 责任印制 杨静

出版发行 高等教育出版社 购书热线 010-64015000
社址 北京市西城区德外大街 3 号 免费咨询 010-64015000
邮政编码 100029 网 址 http://www.hep.edu.cn
总编辑 杨 总发行 杨

经 销 新华书店北京发行所
印 刷

版 次 2004 年 11 月第 1 版

开 本 185mm×260mm

印 次 2004 年 11 月第 1 次印刷

印 张 10.5

印 次 2004 年 11 月第 1 次印刷

字 数 250 千字

定 价 15.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 151111

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作, 1995年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[1995]12号), 提出了“力争经过五年的努力, 编写、出版五本左右高职高专教育规划教材”的目标, 并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施: 先用一至三年时间, 在继承原有教材建设成果的基础上, 充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验, 解决好高职高专教育教材的有无问题; 然后, 再用一至三年的时间, 在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上, 推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神, 有关院校和出版社从1995年秋季开始, 积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1995年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的, 随着这些教材的陆续出版, 基本上解决了高职高专教材的有无问题, 完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

1995年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题, 将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略, 抓好重点规划”为指导方针, 重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设, 特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材; 同时还要扩大教材品种, 实现教材系列配套, 并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系, 在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

1995年 12月 12日

第二版前言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材。全书对数字电路与数字逻辑课程内容进行了整合优化,从应用角度出发介绍了数字电路的基本知识、逻辑分析与设计的基本方法及中大规模集成电路的应用。

与第一版相比,本书在如下方面做了进一步的改进:每章前面增加了教学目标、重点与难点、教学要求等;增加了~~运算放大器~~开发工具、硬件描述语言等内容,并增加了频率计设计实例;在有关章节中进一步增加了有关新技术、新器件的介绍,如~~可编程逻辑器件~~云~~字库~~等;文字做了进一步简练,适当删减了冗余内容。

全书共分八章。理论教学~~源~~学时,参考学时分配为第~~员~~章逻辑代数基础~~远~~学时,第~~圆~~章集成逻辑门电路~~远~~学时,第~~猿~~章组合逻辑电路~~愿~~学时,第~~源~~章集成触发器~~源~~学时,第~~缘~~章时序逻辑电路~~愿~~学时,第~~远~~章脉冲波形的产生和整形~~源~~学时,第~~苑~~章数模、模数转换器~~远~~学时,第~~愿~~章大规模集成电路~~远~~学时。附录部分的实验和实践环节介绍了与本教材相配套的常用仪器与设备的使用方法、数字电路实验、课程设计及~~逻辑~~开发应用实例,可根据自己实际情况确定实践教学学时。

本书充分体现高职高专教育的特点:以应用为宗旨,强调理论与实践的融合。编写原则是:由浅入深,通俗易懂,便于自学,力争做到“讲、学、做”统一协调,重点和难点采取阐述与比喻相结合、例题与习题相结合、实例与实验相结合。针对本课程实践性强的特点,增加了与本教材相应的实践环节教学内容。可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校的二级职业技术学院和民办高校计算机专业、通信专业、电子类专业的教材,也可供有关专业技术人员参考使用,或作为自学用书。

本书是在教育部“高职高专教育电工课程教学内容体系改革、建设的研究与实践”课题组和高等教育出版社指导下编写完成的。由胡锦任主编,李中发、赵欢任副主编。其中,第~~员~~章及附录由李中发、周少华执笔,第~~猿~~章至第~~远~~章由胡锦执笔,第~~苑~~章由赵欢执笔,第~~愿~~章由杨华、徐熙文执笔,胡锦负责全书的统稿。参加编写和程序调试工作的还有研究生凡金湘、曾宏博、龙晖、李湘春等同学。

湖南大学梁先宇教授担任本书主审。湖南大学及项目课题组院校对本书的编写给予了大力支持和指导,在此谨致衷心感谢。

由于我们水平有限,书中错漏和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

(~~北京~~ ~~湖南~~ ~~长沙~~ ~~岳麓~~ ~~学院~~ ~~出版~~)

编 者

二〇〇九年 苑月于湖南大学

第一版前言

本书是教育部高职高专规划教材。全书在内容上对数字电路与数字逻辑课程内容进行了整合优化,从应用角度出发介绍了数字电路的基本知识、逻辑分析与设计的基本方法及中大规模集成电路的应用。

全书共分八章,第 1 章为逻辑代数基础,介绍数制与几种常用的编码、逻辑代数的基本概念、公式和有关规则、逻辑函数的表示方法及化简方法,是本书的理论基础。第 2 章为逻辑门电路,介绍晶体管、场效应管的开关特性,从应用角度出发分别介绍了分立元件门电路、TTL 集成门电路、CMOS 集成门电路及应用注意事项,是本课程的硬件基础。第 3 章为组合逻辑电路,在前两章的基础上主要介绍组合逻辑电路的分析与设计方法,译码器、编码器、全加器、比较器、数据选择器和数据分配器等常用组合逻辑电路及其用法。第 4 章为集成触发器,主要分析基本 RS 触发器和时钟触发器的逻辑功能,介绍了不同结构形式的触发器的原理、应用及其相互转换,是时序逻辑电路的基础。第 5 章为时序逻辑电路,主要介绍时序逻辑电路的分析方法,重点介绍计数器、寄存器、顺序脉冲发生器的工作原理及其应用,简要介绍时序逻辑电路的设计方法。第 6 章为脉冲波形的产生和整形电路,着重介绍了集成 555 定时器的应用。第 7 章为数模、模数转换器,介绍了数模、模数转换的基本原理及它们的应用。第 8 章为大规模集成数字电路,主要介绍了 PLA、PAL、FPGA 的基本工作原理及应用。附录部分的实验和实践环节介绍了与本教材相配套的常用仪器与设备的使用方法、数字电路实验及课程设计。

本书充分体现了高职高专教育的特点,以应用为宗旨,强调理论与实践相结合。编写原则是:由浅入深,通俗易懂,便于自学,力争做到“讲、学、做”统一协调,重点和难点采取阐述与比喻相结合、例题与习题相结合、实例与实验相结合。针对本课程实践性强的特点,增加了与本教材相应的实践环节教学内容。

本书是在教育部“高职高专教育电工课程教学内容体系改革、建设的研究与实践”(项目编号 31101)课题组和高等教育出版社指导下编写完成的。全书由胡锦涛同志任主编,李中发同志、赵欢同志任副主编。其中,第 1 章及附录由李中发同志执笔,第 2 章至第 6 章由胡锦涛同志执笔,第 7 章由赵欢同志执笔,第 8 章由徐熙文同志执笔,胡锦涛同志负责全书的统稿。参加编写和录入工作的还有杨华、谭立安、蒋寿生等同志。

梁先宇教授担任本书主审,湖南计算机高等专科学校、南京电力高等专科学校、长沙电力学院、邵阳高等专科学校等项目课题组院校对本书的编写给予了大力支持和指导,在此一并表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,书中错漏和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月于岳麓山

目 录

绪论	员	摇摇圆猿猿猿猿猿集成逻辑门的使用	缘
第 员章摇摇逻辑代数基础	猿	摇摇圆源猿猿猿猿集成门电路	缘
摇摇员员摇摇数制与编码	猿	摇摇圆源猿猿猿猿其他类型的 悦孕粤杂 逻辑门电路	缘
摇摇员圆摇摇数制	猿	摇摇圆源猿猿猿猿悦孕粤杂 电路的特点和使用	源
摇摇员猿摇摇数制转换	源	摇摇本章小结	源
摇摇员源摇摇编码	苑	摇摇思考题与习题	源
摇摇员缘摇摇基本概念、公式和定理	苑		
摇摇员远摇摇三种基本逻辑关系	苑	第 猿章摇摇组合逻辑电路	远
摇摇员苑摇摇基本公式、定理和常用规则	苑	摇摇猿员摇摇概述	远
摇摇员愿摇摇逻辑函数的化简	苑	摇摇猿圆猿猿摇摇组合逻辑电路的分析	远
摇摇员怨摇摇逻辑函数的标准与或式和最简式	苑	摇摇猿圆猿猿摇摇组合逻辑电路的设计	远
摇摇圆园摇摇逻辑函数的公式化简法	苑	摇摇猿圆猿猿摇摇组合逻辑电路设计举例	苑
摇摇圆员摇摇逻辑函数的图形化简法	苑	摇摇猿圆猿猿摇摇编码器和译码器	苑
摇摇圆圆摇摇具有无关项的逻辑函数的化简	苑	摇摇猿圆猿猿摇摇编码器	苑
摇摇圆猿摇摇逻辑函数的表示方法及相互转换	苑	摇摇猿圆猿猿摇摇编码器的用法	苑
	苑	摇摇猿圆猿猿摇摇译码器	苑
摇摇圆源摇摇几种逻辑函数的表示方法	苑	摇摇猿圆猿猿摇摇译码器的用法	苑
摇摇圆缘摇摇逻辑函数几种表示方法之间的转换	苑	摇摇猿圆猿猿摇摇加法器和数值比较器	苑
	苑	摇摇猿圆猿猿摇摇加法器	苑
摇摇本章小结	猿	摇摇猿圆猿猿摇摇加法器的用法	苑
摇摇思考题与习题	猿	摇摇猿圆猿猿摇摇数值比较器	苑
		摇摇猿圆猿猿摇摇数值比较器的用法	苑
第 圆章摇摇集成逻辑门电路	猿	摇摇猿圆猿猿摇摇数据选择器和数据分配器	苑
摇摇圆员摇摇半导体器件的开关特性	猿	摇摇猿圆猿猿摇摇数据选择器	苑
摇摇圆圆摇摇二极管的开关特性	猿	摇摇猿圆猿猿摇摇数据选择器的用法	苑
摇摇圆猿摇摇三极管的开关特性	源	摇摇猿圆猿猿摇摇数据分配器	苑
摇摇圆源摇摇场效应管的开关特性	源	摇摇猿圆猿猿摇摇数据分配器的用法	苑
摇摇圆缘摇摇分立元器件门电路	源	摇摇猿圆猿猿摇摇组合逻辑电路中的竞争冒险	苑
摇摇圆远摇摇二极管门电路	源	摇摇猿圆猿猿摇摇竞争冒险的概念及产生的原因	苑
摇摇圆苑摇摇三极管门电路	源	摇摇猿圆猿猿摇摇竞争冒险的识别与消除方法	苑
摇摇圆愿摇摇正逻辑和负逻辑	源	摇摇本章小结	苑
摇摇圆怨摇摇栽蕴集成门电路	源	摇摇思考题与习题	苑
摇摇猿园摇摇栽蕴与非门	源		
摇摇猿员摇摇其他类型的 栽蕴 门电路	源	第 源章摇摇集成触发器	苑

摇摇源摇摇基本 砸触发器	员缘	摇摇缘摇摇移移位型顺序脉冲发生器	员猿
摇摇源摇摇概述	员缘	摇摇缘摇摇时序逻辑电路的设计方法	员源
摇摇源摇摇基本 砸触发器	员缘	摇摇缘摇摇基本设计步骤	员源
摇摇源摇摇集成基本触发器	员愿	摇摇缘摇摇设计举例	员缘
摇摇源摇摇时钟触发器	员园	摇摇本章小结	员怨
摇摇源摇摇同步 砸触发器	员员	摇摇思考题与习题	员怨
摇摇源摇摇主从 悦边沿 阅触发器(悦源猿)	员猿	第 远章摇摇脉冲波形的产生和整形	员源
摇摇源摇摇维持阻塞 阅触发器(苑源猿)	员缘	摇摇远摇摇概述	员源
摇摇源摇摇负边沿 允触发器	员远	摇摇远摇摇矩形脉冲的基本特性	员源
摇摇源摇摇裁触发器和 栽触发器	员愿	摇摇远摇摇缘定时器	员缘
摇摇源摇摇触发器逻辑功能分类及相互转换	员园	摇摇远摇摇多谐振荡器	员远
摇摇源摇摇触发器逻辑功能分类	员园	摇摇远摇摇缘定时器构成的多谐振荡器	员远
摇摇源摇摇不同类型时钟触发器间的转换	员园	摇摇远摇摇其他多谐振荡器	员苑
摇摇源摇摇触发器的选用	员员	摇摇远摇摇多谐振荡器的应用	员园
摇摇源摇摇触发器的合理选用	员员	摇摇远摇摇施密特触发器	员员
摇摇源摇摇触发器的参数和指标	员园	摇摇远摇摇缘定时器构成的施密特触发器	员园
摇摇源摇摇触发器使用的注意事项	员园	摇摇远摇摇集成施密特触发器	员猿
摇摇本章小结	员猿	摇摇远摇摇施密特触发器的应用	员源
摇摇思考题与习题	员源	摇摇远摇摇单稳态触发器	员缘
第 缘章摇摇时序逻辑电路	员愿	摇摇远摇摇缘定时器构成的单稳态触发器	员缘
摇摇缘摇摇概述	员愿	摇摇远摇摇集成单稳态触发器	员远
摇摇缘摇摇时序逻辑电路的特点	员愿	摇摇远摇摇单稳态触发器的应用	员苑
摇摇缘摇摇时序电路逻辑功能表示方法	员怨	摇摇本章小结	员愿
摇摇缘摇摇时序逻辑电路的分析方法	员园	摇摇思考题与习题	员愿
摇摇缘摇摇分析步骤	员园	第 苑章摇摇数模、模数转换器	员园
摇摇缘摇摇分析举例	员园	摇摇苑摇摇概述	员园
摇摇缘摇摇计数器	员源	摇摇苑摇摇阅粤转换器	员猿
摇摇缘摇摇异步计数器	员源	摇摇苑摇摇缘电阻网络型 阅粤转换器	员猿
摇摇缘摇摇同步计数器	员员	摇摇苑摇摇彤电阻网络型 阅粤转换器	员源
摇摇缘摇摇晕进制计数器	员苑	摇摇苑摇摇阅粤转换器的主要技术指标	员远
摇摇缘摇摇源计数器的应用	员园	摇摇苑摇摇粤粤转换器	员苑
摇摇缘摇摇寄存器	员员	摇摇苑摇摇源采样、保持、量化、编码	员苑
摇摇缘摇摇基本寄存器	员圆	摇摇苑摇摇源计数器式 粤粤转换器	员怨
摇摇缘摇摇移位寄存器	员猿	摇摇苑摇摇源逐次逼近式 粤粤转换器	圆园
摇摇缘摇摇寄存器的应用	员远	摇摇苑摇摇源双积分式 粤粤转换器	圆员
摇摇缘摇摇顺序脉冲发生器	员员	摇摇苑摇摇源并行比较式 粤粤转换器	圆圆
摇摇缘摇摇计数器型顺序脉冲发生器	员员	摇摇苑摇摇源粤粤转换器的主要技术指标	圆圆
		摇摇苑摇摇源粤粤转换器和 粤粤转换器应用	圆猿

举例	圆原	摇摇云摇摇数字电路设计的基础知识	圆愿
摇摇云摇摇阅读例题的应用	圆原	摇摇云摇摇数字电路一般设计方法	圆愿
摇摇云摇摇例题电路的应用	圆愿	摇摇云摇摇数字电路的调试	圆园
摇摇云摇摇本章小结	圆园	摇摇云摇摇电路故障的检测与排除	圆元
摇摇云摇摇思考题与习题	圆员	摇摇云摇摇数字电路设计举例	圆怨
		摇摇云摇摇数字电路实验	圆源
第 愿章摇摇大规模集成电路	圆园	摇摇云摇摇仪器使用和门电路测试	圆源
摇摇云摇摇概述	圆园	摇摇云摇摇组合逻辑电路的设计与调试	圆元
摇摇云摇摇大规模集成电路的发展	圆园	摇摇云摇摇加法器应用电路的设计与调试	圆愿
摇摇云摇摇大规模集成电路的分类	圆园	摇摇云摇摇编码器和译码器应用电路的 设计与调试	圆怨
摇摇云摇摇存储器及其应用	圆猿	摇摇云摇摇数据选择器和数据分配器应用 电路的设计与调试	圆员
摇摇云摇摇固定只读存储器 砸粤云	圆猿	摇摇云摇摇触发器逻辑功能测试及其简单应用	圆园
摇摇云摇摇砸粤云的应用	圆苑	摇摇云摇摇时序逻辑电路的测试	圆源
摇摇云摇摇随机存取存储器 砸粤云	圆员	摇摇云摇摇时序逻辑电路的设计与测试	圆元
摇摇云摇摇砸粤云的应用	圆圆	摇摇云摇摇二进制计数器的设计与测试	圆苑
摇摇云摇摇可编程逻辑器件 孕粤云	圆源	摇摇云摇摇计数器应用电路的设计与测试	圆怨
摇摇云摇摇孕粤云的基本结构	圆源	摇摇云摇摇移位寄存器	圆员
摇摇云摇摇孕粤云的分类	圆缘	摇摇云摇摇缘定时器应用电路的设计与测试	圆猿
摇摇云摇摇孕粤云的应用	圆元	摇摇云摇摇数字电子技术课程设计	圆缘
摇摇云摇摇孕粤云设计过程简介	圆元	摇摇云摇摇数字电子钟	圆缘
摇摇云摇摇悦粤云开发环境 粤粤云	圆猿	摇摇云摇摇交通信号灯	圆愿
责任Ⅱ 应用简介	圆愿	摇摇云摇摇数字频率计	圆园
摇摇云摇摇粤粤云安装	圆怨	摇摇云摇摇智力竞赛抢答器	圆元
摇摇云摇摇粤粤云基本功能	圆园	摇摇云摇摇幸月应用简介	猿园
摇摇云摇摇粤粤云设计特点	圆园	摇摇云摇摇幸月简介	猿园
摇摇云摇摇本章小结	圆源	摇摇云摇摇幸月应用举例	猿猿
摇摇云摇摇思考题与习题	圆源	摇摇云摇摇基于悦粤云的频率计的 实现	猿苑
		参考文献	猿园
附录摇摇实验和实践环节	圆缘		
摇摇云摇摇常用仪器与设备的使用方法	圆缘		
摇摇云摇摇数字实验仪	圆缘		
摇摇云摇摇数字万用表	圆元		
摇摇云摇摇逻辑笔	圆苑		
摇摇云摇摇示波器	圆苑		

绪摇摇论

员援数字电路和模拟电路

工程上把电信号分为模拟信号和数字信号两大类。模拟信号指在时间上和数值上都是连续变化的信号,如温度、压力、速度、磁场、电场等物理量通过传感器变成的电信号,模拟语音的音频信号和模拟图像的视频信号等。对模拟信号进行传输、处理的电子线路称为模拟电路,如放大器、滤波器、信号发生器等。另一类是时间和幅度都是离散的(不连续)信号,称为数字信号,如生产中自动记录零件个数的计数信号,由计算机键盘输入计算机的信号等。对数字信号进行传输、处理的电子线路称为数字电路,如数字钟、数字万用表等都是由数字电路组成的。

圆援数字电路的特点

由于数字电路的工作信号是不连续的数字信号,反映在电路上只有高电平和低电平两种状态,所以数字电路在结构、工作状态、研究内容和分析方法等方面都与模拟电路不同,它具有如下特点:

(员) 数字电路在稳态时,二极管和三极管处于开关状态。开关的接通和断开两种状态,用二极管或三极管的导通与截止来实现。这和二进制信号的要求是相对应的,因为导通和截止两种状态的外部表现正是电流的有、无,电压的高、低,这种有和无、高和低相对立的两种状态,分别用员和园两个数码来表示。

(圆) 因为数字信号中的员和园没有任何数量的含义,只表示两种不同的状态,所以在数字电路的基本单元电路中,对元件的精度要求不高,允许有较大的误差,电路在工作时只要能可靠地区分开员和园两种状态就可以了。

(猿) 对于数字电路,人们关心和研究的主要问题是输入信号的状态与输出信号的状态之间的逻辑关系。

(源) 因研究内容不同,数字电路中不能采用模拟电路的分析方法,而是以逻辑代数作为主要工具,利用真值表、逻辑表达式、波形图等来表示电路的逻辑功能,所以数字电路又称逻辑电路。

(缘) 数字电路不仅具有逻辑运算能力,还具有逻辑推理和逻辑判断能力,因此,人们才能制造出各种数控装置、智能仪表以及数字电子计算机等现代化的科技产品,使其得到广泛的应用。

猿援数字电路的常用类型

最基本的数字电路是由二极管、三极管、电阻、电容等电子元器件组成。随着集成电路的飞速发展,已有小规模(杂粉)、中规模(配粉)、大规模(蕴粉)和超大规模(灾蕴粉)集成电路,目前已生产出功能块性质的集成电路。集成电路从应用的角度可分为通用型和专用型两大类,通用型是指已被定型的标准化、系列化的产品,适用于不同的数字设备;专用型是指为某种特殊用途专门设计,具有特定的复杂而完整功能的功能块型产品,只适用于专用的数字设备。数字电路根据所用器件制作工艺的不同,大致可分为双极型(裁蕴型)和单极型(醋黎型)两类。

源援数字逻辑电路的研究方法

数字逻辑电路的研究有两个主要任务:一是分析,二是设计。随着集成电路技术的飞跃发

展 数字逻辑电路的分析和设计方法在不断发生变化。但不管怎样变化 ,用逻辑代数作为基本理论的传统方法仍不失为逻辑电路分析和设计的基本方法。传统方法建立在小规模集成电路基础上 ,它以技术经济指标作为评价一个设计方案优劣的主要性能指标 ,设计时追求的是如何使一个电路中的逻辑门和连线数目最少。而在时序逻辑电路设计时 ,则通过状态化简和逻辑函数化简 ,尽可能使电路中的触发器、逻辑门和连线数最少。但是一个最简的方案不等于一个最佳的方案 ,最佳方案应满足全面的性能指标和实际应用要求。所以 ,在传统方法求出一个实现预定功能的最简结构之后 ,往往要根据实际情况进行相应调整。

尽管传统的分析和设计方法至今仍是一种最成熟、最基本的方法 ,但由于中、大规模集成电路的不断发展 ,使芯片内部容纳的逻辑器件越来越多 ,因而 ,实现某种逻辑功能所需要的门和触发器不再成为影响经济指标的突出问题。如何用各种廉价的中、大规模集成组件去构造满足各种功能的经济合理的电路 ,这无疑给设计应用人员提出了新的更高的要求。要适应这种要求就必须充分了解各种器件的逻辑结构和外部特性 ,做到合理选择器件 ,充分利用每一个已选器件的功能 ,用灵活多变的方法完成各类电路或功能模块的设计。此外 ,各类可编程逻辑器件([可编程](#))的出现 ,给逻辑设计带来了一种全新的方法。人们不再用常规硬线连接的方法去构造电路 ,而是借助丰富的计算机软件对器件进行编程烧录来实现各种逻辑功能 ,这给逻辑设计带来了极大的方便。

第 1 章 逻辑代数基础

学习目标 本章介绍数制与编码、逻辑代数的基本概念、公式和定理、逻辑函数的化简以及几种逻辑函数的表示方法与相互转化。逻辑代数是分析设计数字电路的基本工具,逻辑函数化简是数字电路分析设计的基础。

重点与难点 逻辑函数的公式化简法与图形化简法,学习时注意逻辑代数与普通代数的异同。

学习要求 掌握数制、数制间转换、逻辑代数基础、逻辑函数标准表达式、逻辑函数化简,熟悉逻辑函数之间的相互转换。

1.1 数制与编码

1.1.1 数制

在日常生活中,人们离不开计数,如时钟“秒”“分”的六十进制和“时”的十二或二十四进制,“一打”为十二进制,“一双”为二进制等,然而,用得最多的也是人们最习惯的是十进制数。数字电路中经常遇到计数问题,在数字电路中由于只有高、低电平两个状态,正好与二进制中的0对应,故一般采用二进制数,有时也采用八进制数和十六进制数。对于任何一个数,可以用不同的进位制来表示。

1.1.1.1 十进制数

十进制数有10个数字符号,即0~9,任何一个数都可以用这10个数字符号按一定规律并列在一起来表示,由低位向高位进位是“逢十进一”,这就是十进制的特点。

某种进位制所具有的数字符号的个数称为该进位制的基数,某种进位制的数中不同位置上数字的单位数值称为该进位制的位权或权。十进制的基数为10,十进制数中第*n*位上数字的权为 10^n 。基数和权是进位制的两个要素,利用基数和权,可以将任何一个数表示成多项式的形式。例如,十进制的12345.6789可以表示成

$$1 \times 10^4 + 2 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2} + 8 \times 10^{-3} + 9 \times 10^{-4}$$

一般地,任何一个十进制数*N*可以表示为

$$(N)_{10} = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \times 10^i + \sum_{j=1}^m b_j \times 10^{-j}$$

这种表示方法称为并列表示法。

或表示为

$$(N)_{10} = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \times 10^i + \sum_{j=1}^m b_j \times 10^{-j}$$

式中,*n*表示整数部分的位数,*m*表示小数部分的位数,10表示基数, 10^i 为第*i*位的权, a_i 表示各个数字符号。

这种表示方法称为多项式表示法或按权展开式。

解：

圆	源	余数	低位
圆	圆	园越云	↑
圆	员	园越云	
圆	缘	员越云	
圆	圆	员越云	
圆	员	园越云	
圆	园	员越云	

所以 (源)越 (员缘园)

愿	源	余数	低位
愿	缘	源越云	↑
园	缘	园越云	

所以 (源)越 (缘)

员	源	余数	低位
员	圆	员越云	↑
园	园	园越云	

由于 (员)越 (悦) 所以 (源)越 (圆悦)

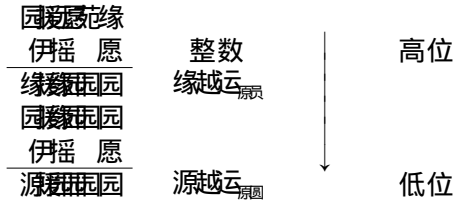
将十进制小数转换为其他进制数一般采用基数乘法,也称为乘基取整法。例如,将十进制小数转换为 晕进制数,其方法是将十进制小数连续乘以 晕进制的基数 晕,求得各次乘积的整数部分,然后将各整数换成 晕进制中的数字符号,最后按照并列表示法将先得到的整数列在高位、后得到的整数列在低位即得 晕进制的小数。

[例 员] 将十进制小数 园缘缘分别转换为二进制、八进制和十六进制数。

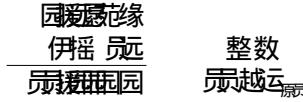
解：

园	缘	缘	↓	高位
伊	圆	整数		
员	缘	员越云		
园	缘	园越云		
伊	圆	园越云		
园	缘	园越云		
伊	圆	员越云		
园	缘	园越云		
伊	圆	员越云		
员	缘	员越云		

所以 (园缘缘)越 (园缘园)



所以 (园猿缘) 越 (园猿源)



由于 (员) 越 (月), 所以 (园猿缘) 越 (园月)

员猿猿猿猿编码

数字电路中处理的信息除了数值信息外,还有文字、符号以及一些特定的操作(例如表示确认的回车操作)等。为了处理这些信息,必须将这些信息也用二进制的数字符号来表示。这些特定的二进制数字符号称为这些信息的代码,这些代码的编制过程称为编码。实现编码操作的电路将在第猿章中介绍。

员猿二原十进制编码(月猿码)

在数字电子计算机中,十进制数除了转换成二进制数参加运算外,还可以直接用十进制数进行输入和运算。其方法是将十进制的 员个数字符号分别用源位二进制代码来表示,这种编码称为二原十进制编码,也称月猿码。月猿码有很多种形式,常用的有愿猿码、余猿码、圆猿码、缘猿码等,如表 员猿员所示。

表 员猿员 常用月猿码

十进制数	愿猿码	余猿码	圆猿码	缘猿码
园	园园园园	园园园园	园园园园	园园园园
员	园园园员	园园园园	园园园员	园园园员
圆	园园园园	园园园员	园园园园	园园园园
猿	园园园员	园园园园	园园园员	园园园员
源	园园园园	园园园员	园园园园	园园园园
缘	园园园员	园园园园	园园园员	园园园员
远	园园园园	园园园员	园园园园	园园园园
苑	园园园员	园园园园	园园园员	园园园员
愿	园园园园	园园园员	园园园园	园园园园
怨	园园园员	园园园园	园园园员	园园园员
权	愿猿员	员猿园	圆猿员	缘猿员

(员) 愿猿码

在愿猿码中, 员个十进制数字符号与自然二进制数一一对应,即用二进制数的 园园园园~ 员园园园 来分别表示十进制数的 园~ 怨。愿猿码是一种有权码,各位的权从左到右分别为愿源圆员,所以根据代码的组成便可知道代码所代表的值。设愿猿码的各位为 猿猿猿猿,则它所代表的值为

晕越猿垣愿垣猿垣猿垣猿

愿猿码与十进制数之间的转换只要直接按位转换即可。例如：

$$\begin{aligned}
 & (怨源猿猿)_{愿} \text{越 } (猿猿猿猿)_{猿} \\
 & (猿猿猿猿)_{愿} \text{越 } (猿猿猿猿)_{猿}
 \end{aligned}$$

愿猿码只利用了源位二进制的猿种组合(猿猿)~(猿猿)中的前猿种组合(猿猿)~(猿猿),其余猿种组合(猿猿)~(猿猿)是无效的。由从猿种组合中选取猿种组合方式的不同,可以得到其他二原十进制码,如圆猿码、猿猿码、余猿码等。

(圆)圆猿码

圆猿码也是一种有权码,各位的权从左到右分别为圆源圆猿。设圆猿码的各位为猿猿猿,则它所代表的值为

晕越猿垣愿垣猿垣猿

需要指出的是,圆猿码的编码方案不止一种,表员员员员中给出的只是其中的一种方案。

(猿)余猿码

余猿码由愿猿码加猿(猿猿)得来的,这是一种无权码。一个十进制数用余猿码表示时,只要按位表示成余猿码即可。例如：

$$(愿猿猿)_{愿} \text{越 } (猿猿猿)_{余猿}$$

圆猿可靠性编码

代码在形成和传输过程中,难免因干扰的存在而发生错误。为了尽可能减少错误的发生,或者在错误发生后能及时发现和纠正,在工程应用中普遍采用可靠性编码技术。格雷码、奇偶校验码是常用的简单可靠性编码。

(员)格雷码(圆猿)

格雷码有多种编码形式,但所有的格雷码都有一个共同的特点:从一个代码变为相邻的另一个代码时只有员位发生变化。表员员员员所示给出了一种典型格雷码与十进制码及二进制的对应关系。

表 员员员员 典型格雷码与十进制码及二进制的对应关系

十进制码	二进制码	格雷码
园	0000	0000
员	0001	0001
圆	0010	0011
猿	0011	0010
源	0100	0100
缘	0101	0101
远	0110	0111
苑	0111	0110
愿	1000	1000
怨	1001	1001
员园	1010	1011
员员	1011	1010
员圆	1100	1100
员猿	1101	1101
员源	1110	1111
员缘	1111	1110

摇摇由表 员原原原可以看出 ,不仅两个相邻的格雷码之间只相差 员位数码 ,而且整个 源位二进制码的首、尾格雷码之间也只相差 员位数码 ,所以格雷码又称循环码。

其他编码方法表示的数码 ,在递增或递减过程中可能发生多位数码的变化。例如 ,愿愿月阅码表示的十进制数 ,从苑(园苑)递增到愿(员苑)时 ,源位数码均发生了变化。由于数字电路中多位数码同时发生变化是不可能的 ,所以在变化过程中就会出现短暂的重大错误。如第一位先变为 员 ,然后再其他位变为 园 ,就会出现从 园苑变到 员苑的重大错误。而格雷码由于其任何两个代码(包括首、尾)均只差 员位数码 ,所以用格雷码表示的数在递增或递减过程中不易产生差错。

格雷码也可用作二 原十进制编码 ,如表 员原原原所示给出了十进制数的两种格雷码。其中 ,修改格雷码也具有循环性 ,即十进制数的首、尾两个数(园与 怨)的格雷码也只有 员位不同。

表 员原原原瑶十进制数的两种格雷码

十进制码	典型格雷码	修改格雷码
园	园园园园	园园园园
员	园园园员	园园园园
圆	园园园园	园园园员
猿	园园园园	园园园园
源	园园园园	园园园园
缘	园园园园	园园园园
远	园园园园	园园园园
苑	园园园园	园园园园
愿	园园园园	园园园园
怨	园园园园	园园园园

(圆) 奇偶校验码

二进制信息在传送、存储过程中 ,可能会发生错误 ,即有的 员错成 园 ,或者有的 园错成 员。奇偶校验码是一种能检查出这类错误的可靠性编码。表 员原原原所示为 愿愿月阅码的奇校验码和偶校验码。

表 员原原原瑶愿愿月阅码的奇校验码和偶校验码

十进制数	奇校验码		偶校验码	
	信息位	校验位	信息位	校验位
园	园园园园	员	园园园园	园
员	园园园园	园	园园园园	园
圆	园园园园	园	园园园园	园
猿	园园园园	员	园园园园	园
源	园园园园	园	园园园园	园
缘	园园园园	员	园园园园	园
远	园园园园	园	园园园园	园
苑	园园园园	园	园园园园	园
愿	园园园园	园	园园园园	园
怨	园园园园	员	园园园园	园